

# Classificazione in base alla composizione chimica

Al variare del contenuto di C, nell'acciaio si modificano alcuni parametri fisico - meccanici importanti. Nello specifico, minore è il tasso di carbonio minore è la resistenza meccanica e la fragilità mentre crescono la duttilità e la saldabilità.

In base al tasso di C gli acciai si dividono in:

**extra dolci:** carbonio compreso tra lo 0,05% e lo 0,15%;

**semidolci:** carbonio compreso tra lo 0,15% e lo 0,25%

**dolci:** carbonio compreso tra lo 0,25% e lo 0,40%;

**semiduri:** carbonio tra lo 0,40% e lo 0,46%;

**duri:** carbonio tra lo 0,60% e lo 0,70%;

**durissimi:** carbonio tra lo 0,70% e lo 0,80%;

**extraduri:** carbonio tra lo 0,80% e lo 0,85%.

Gli acciai da carpenteria metallica di solito sono di tipo dolce perché così l'acciaio ha la caratteristica di duttilità

Possiamo anche distinguere:

**acciai non legati**

**Acciai bassolegati:** nessun elemento al di sopra del 5%

**Acciai altolegati:** almeno un elemento di lega al di sopra del 5%.

Le UNI EN 10 020 indicano il tenore massimo degli elementi chimici di lega che caratterizzano l'acciaio non legato, ad esempio:

Mn: 1,65%; Si: 0,50% ; Cu: 0,40%; Pb: 0,40%; Cr e Ni: 0,30%; Mo: 0,08%; W: 0,10%.

## **Classificazione in base all' utilizzo**

acciai da costruzione

acciai per utensili

acciai inossidabili

acciai e prodotti anti-usura

acciai da costruzione strutturale

acciai e prodotti anti-abrasione

## **acciai da costruzione**

acciai da cementazione

acciai da bonifica

acciai da nitrurazione

acciai resistenti allo scorrimento a caldo (creep)

acciai per cuscinetti

acciai per molle

## acciai da cementazione

In questo gruppo sono compresi gli acciai da costruzione, con  $C < 0,30 \%$ , **destinati al trattamento di indurimento superficiale di cementazione** che consiste in un arricchimento di carbonio della superficie del pezzo e della successiva tempra che conferisce un'elevata durezza superficiale con un'ottima resistenza all'usura, mentre il basso contenuto di carbonio del nucleo consente alti valori di tenacità nella massa sottostante.

In genere questo tipo di acciaio viene impiegato per la costruzione di ingranaggi.

Il trattamento dopo cementazione può consistere in una doppia tempra o in una tempra unica. La durezza superficiale dopo cementazione e tempra deve risultare  $\geq 58 \text{ HRC}$ .

Acciai al Cr-Mn (es. 20MnCr5)

Acciai al Ni Cr comprende i tipi (es. 20CrNi4), largamente impiegati nell'industria motoristica,

Acciai al Ni Cr Mo (es. 18NiCrMo5) presentano un eccezionale comportamento per le più varie forme e dimensioni di impiego fino a 100mm di spessore

# acciai da bonifica

In questo gruppo sono compresi gli acciai da costruzione destinati al trattamento di **bonifica (tempra seguita da rinvenimento intorno a 600° C)**. In genere gli acciai da bonifica sono impiegati per la costruzione di organi meccanici sottoposti a carichi statici e dinamici (alberi di qualsiasi tipo, semiassi, aste, bielle, organi di collegamento, leve, steli per magli)

La grande varietà d'impieghi, di dimensioni e di forma, impone una scelta oculata dell'acciaio in base alle sollecitazioni cui il particolare sarà sottoposto. **E' di fondamentale importanza quindi conoscere le caratteristiche di temprabilità degli acciai per una corretta ottimizzazione delle caratteristiche meccaniche richieste.**

I tipi al solo C, di temprabilità estremamente bassa, sono tutt'ora molto richiesti ed apprezzati se impiegati per pezzi di piccole sezioni e quando si possono tollerare le deformazioni derivanti dalla tempra in acqua.

Quelli a più alto carbonio presentano un aumento di resistenza, accompagnato però da una forte caduta di resilienza.

36CrMn5, acciaio di costo moderato e con temprabilità limitata, fino a 50 - 60 mm di spessore

42CrMo4 di media temprabilità,

39NiCrMo3 di media temprabilità, costituisce il più diffuso acciaio da bonifica

40NiCrMo7 presenta un'elevata temprabilità che lo rende adatto per la fabbricazione di pezzi ad alta resistenza fortemente sollecitati, anche di grosse dimensioni.

30NiCrMo12, di elevata temprabilità e resistenza a fatica, è destinato alla costruzione dei pezzi di più grosse dimensioni che debbono sopportare condizioni di lavoro molto severe

## acciai da nitrurazione

Sono acciai da bonifica ( $C = 0,30\%/0,40\%$ ) contenenti elementi di lega quali Al, Cr, Mo e V, capaci di formare nitruri particolarmente duri; sono destinati alla costruzione di pezzi meccanici che, una volta finiti, vengono sottoposti a trattamento termico di nitrurazione, indurimento superficiale mediante assorbimento di azoto, quindi messi direttamente in esercizio senza altre lavorazioni salvo una superfinitura delle superfici attive (rettifica e levigatura). Il cuore conserva le doti resistenziali e di tenacità caratteristiche di un acciaio bonificato, mentre le durezze superficiali ottenibili sono elevatissime (750/1200 HV) e tali da garantire una resistenza all'usura e al grippaggio di gran lunga superiore a quella degli acciai cementati e temprati. *La cementazione, peraltro, consente di sopportare carichi specifici più elevati poiché lo spessore superficiale indicato (1-2 mm) è generalmente superiore a quello ottenibile mediante nitrurazione (0,6 mm).*

Gli acciai nitrurati presentano inoltre, rispetto ai normali acciai da costruzione, un'aumentata resistenza alla corrosione all'aria umida, all'acqua dolce, di mare, al vapor acqueo ad alta temperatura

41CrAlMo7 è un acciaio appositamente studiato per subire il trattamento di nitrurazione. La durezza superficiale dello strato nitrurato supera i 950 HV

34CrAlNi7 è preferito per la migliore tenacità anche su particolari di grosse dimensioni. Dopo nitrurazione presenta una durezza superficiale maggiore di 900 HV.

## acciai per scorrimento a caldo (creep)

In questo gruppo sono compresi i tipi di acciai da costruzione destinati all'allestimento di particolari soggetti al fenomeno dello scorrimento viscoso per l'azione combinata temperatura - sollecitazione - tempo, destinati ad impianti termici come centrali termoelettriche, raffinerie di petrolio, ecc.

Affinché le caratteristiche meccaniche non degradino rapidamente in esercizio, è necessario che la temperatura di rinvenimento, sia in ogni caso superiore di almeno 50° C rispetto a quella massima d'impiego.

42CrMo4 di media temprabilità ed elevata tenacità è consigliato per impieghi a caldo fino a 500-525 ° C,

40CrMoV4 al viene utilizzato per bulloneria a caldo con elevate caratteristiche di resistenza allo scorrimento.

14CrMo3 presenta una buona resistenza al creep fino alla T di 600° C, è adatto per la costruzione di tubi, giunti, raccordi e pezzi forgiati vari di impianti a vapore sotto pressione, viene impiegato sempre più nell'industria petrolchimica.

12CrMo20 buona resistenza, fino alla T di 600° C

Per questi acciai e' importante il carico che produce la deformazione permanente **dell'1%** rispettivamente dopo 10.000 e 100.000 ore.

Oppure il carico unitario che produce la rottura rispettivamente dopo **10.000 e 100.000 ore**.

## acciai per cuscinetti

Sono acciai di altissima qualità, sono esenti da materiali intermetallici. Hanno un alto tenore di carbonio e si ottengono da una tempra seguita da rinvenimento a circa 150° C.

Proprietà:

- elevata durezza
- resistenza ad usura
- **elevata resistenza a fatica.**

Fanno parte di questa categoria gli acciai tipici al **Cr con tenore medio di C 1%**, che , dopo tempra in olio, risultano con minime deformazioni e presentano elevata durezza, resistenza all'usura ed alla compressione. Queste due ultime caratteristiche vengono potenziate dall'elevata micro-purezza ottenuta con particolari procedimenti elaborativi.

Il più utilizzato è l'acciaio 100Cr6 presenta una buona temprabilità sino a diametri di 30mm per i rulli ed a spessori di 25 mm per gli anelli.



# acciai per molle

Proprietà richieste sono:

- tensione di snervamento vicina alla tensione di rottura;
- resistenza alla fatica, ottenuta con struttura omogenea di almeno 80% di martensite al cuore (quindi l'acciaio deve essere molto temprabile).

Gli acciai per molle vengono temprati in olio e rinvenuti a temperature intorno a 450°  
Così che i carburi precipitino ma non inizino a coalescere.

Con le leghe al solo carbonio, in concentrazione superiore allo 0,40%, si hanno gli acciai detti armonici.

Per usi più impegnativi si aggiunge soprattutto il **silicio** fino al **2%**, che rafforza ma infragilisce; il Cr aumenta la temprabilità, il Ni aumenta la tenacità.

Alcuni esempi: 55Si7 per sospensioni e balestre dei treni;

52SiCrNi5 per molle di pregio;

50CrV4 per dimensioni maggiori e resistenza all'usura

Nella scelta dell'acciaio è indispensabile prevedere, per le diverse dimensioni d'impiego, un'adeguata penetrazione di tempra che garantisca elevati limiti elastici e di conseguenza la massima resistenza alle sollecitazioni in esercizio.

## **acciai per utensili**

impieghi a freddo

impieghi a caldo

Rapidi

plastica

# **acciai inossidabili**

Martensitici

Ferritici

Duplex

Austenitici

resistenti al calore

## **acciai e prodotti anti-usura**

acciai resistenti alla corrosione atmosferica

acciai resistenti all'abrasione

acciai resistenti all' abrasione e corrosione

acciai resistenti all'urto e alla compressione

## acciai da costruzione strutturale

### acciai ad alto limite elastico

Questi acciai sono caratterizzati dal **basso contenuto di zolfo e carbonio**, con il primo tollerato sino ad un massimo di 0,05% e il secondo mai superiore al 2,06%.

L'alto limite elastico è anche legato alla **purezza dell'acciaio**: leghe di questo tipo, infatti, risulteranno più pure dal punto di vista chimico, con una microstruttura a grano fine. Per quanto riguarda il processo di produzione, gli acciai di tale tipologia possono subire un particolare processo di laminazione (lavorazione che permette di ottenere una deformazione plastica di materiali vari, tra cui l'acciaio, per produrre tubi, barre e così via) in grado di garantire all'acciaio stesso l'ottenimento di un elevato limite elastico di snervamento.

**acciai e prodotti anti-abrasione**

prodotti resistenti all'abrasione

# Structural steels

**Structural steels can be grouped conveniently on the basis of tensile strength.**

However, the dividing lines between the classes are ill defined owing to the wide variation in properties obtained from one steel by varying the heat-treatment

The basis of design of machine components generally fall into either **static or dynamic loading**.

For **static loading** the proof stress should be used with a safety factor of 2 or less.

For **dynamic loading** the working stresses must be related to the fatigue limit, which is about 55% of tensile strength for mild steel, but only 50% at 770 MPa and 40% at 1540 MPa tensile strength.

Notch sensitivity is also very important.

# Structural Steels Below 680 MPa tensile

Main objective of steels in this class is to enable lighter structures to be built by the use of relatively high tensile steels, while retaining as far as possible the highly desirable properties.

Properties include easy workability, adaptability and insensitivity to faulty manipulation possessed by mild steel.

These steels may be used in the hot rolled condition.

Four characteristics are important:

- (1) yield strength for design**
- (2) notch ductility to avoid brittle fracture**
- (3) weldability**
- (4) cost**

From the point of view of cost, therefore, quench and tempering processes on thick plates and sections are usually ruled out.



The most popular types are those with manganese raised to 1.3-1.7% with carbon 0,2-0,4%, but for welding the carbon is kept low.

Although the tensile strength is less than 494 MPa the yield is in the region of 371 MPa.

The combination of copper and phosphorus also increases the resistance to atmospheric corrosion which is important when thinner plates are used.

The addition of 0.5 nickel and 0,25 % molybdenum to a manganese steel gives a good general purpose steel.

Steel containing Mo, 0.5; B, 0.003; C, 0.11%. has a TS of 618 MPa and is readily welded since it transforms in the bainitic region.

# Steels Above 680 MPa Tensile

Relative to the steels just discussed, those in this group are designed solely for their mechanical properties, which depend on accurately controlled heat-treatment.

Suitable compositions within the range have to be chosen in relation to mass.

A conception new to many engineers is that the actual steel used for a given tensile strength *depends on the size of the article at the time it is heat-treated*.

# Ultra-high Tensile Structural Steels

Interest in (1544-2160 MPa) tensile steels for use in the aircraft industry is leading to the development of modified steels which can be used up to 400° C in supersonic aircraft and which possess adequate ductility and notch impact strength.

Vacuum arc or Electro-slag melting of some of these steels reduces inclusions and impurities and gives a more suitable cast structure.

As a result, the transverse properties of the resultant forging tend to be superior to those from conventionally air cast ingots.

Typical compositions are based on Ni-Cr-Mo or use silicon with nickel or copper. Silicon reduces the expansion in martensite change and hence reduces risk of quench cracking; while copper is useful for producing secondary hardening at 450-550° C.

Si 0,2    Mn 0,5    Ni 0,2    Cr 3,0    Mo 0,9    V 0,2

With such low alloy contents protection against rust by cadmium plating or aluminium spraying is necessary.

With such high tensile steels it is highly desirable to

- (a) avoid notches,
- (b) to reduce internal stresses by tempering at as high a temperature as possible,
- (c) minimize the introduction of hydrogen (abrasive blasting preferred).

Cadmium coats should be avoided for service above 250° C. For other high strength steels refer to precipitation hardening transformation and controlled transformation stainless steels.

# Maraging Steels

They are iron based alloys containing 18 Ni 8 Co 5 Mo with small amounts of Al and Ti and less than 0,03% C, which makes such a difference to fracture toughness and ease of welding.

The strength is maintained with increase in section thickness and also up to 350° C.

Alloy cost is balanced by lower production cost, virtually no risk of decarburisation, distortion or cracking. These steels are used for air frame and engine components, injection moulds and dies.

On cooling from the austenitic condition the alloy transforms to a fine lath type martensite, and precipitation hardening is induced by "maraging" at 480° C.

The steels have high fracture toughness,  $K_{Ic}$  due to a combination of fine grain size of the martensite and the high dislocation density, leading to fine precipitation. The steels can be nitrided. The corrosion resistance is only slightly improved but the 12% Cr variety has been developed for corrosion resistance.